

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

22. 3. 2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

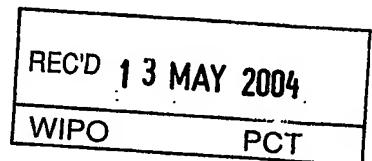
This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年 7月23日

出願番号
Application Number: 特願2003-200676

[ST. 10/C]: [JP2003-200676]

出願人
Applicant(s): 日立建機ファインテック株式会社

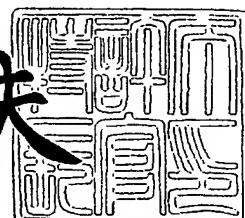


PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 4月23日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 TA2003014

【提出日】 平成15年 7月23日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G12B 21/00

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県土浦市神立町650番地 日立建機ファインテック株式会社内

【氏名】 村山 健

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県土浦市神立町650番地 日立建機ファインテック株式会社内

【氏名】 見坊 行雄

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県土浦市神立町650番地 日立建機ファインテック株式会社内

【氏名】 國友 裕一

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県土浦市神立町650番地 日立建機ファインテック株式会社内

【氏名】 広木 武則

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県土浦市神立町650番地 日立建機ファインテック株式会社内

【氏名】 永野 好幸

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県土浦市神立町650番地 日立建機ファインテック株式会社内

【氏名】 森本 高史

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県土浦市神立町 650 番地 日立建機ファインテック株式会社内

【氏名】 樽沼 透

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県土浦市神立町 650 番地 日立建機ファインテック株式会社内

【氏名】 柳本 裕章

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県土浦市神立町 650 番地 日立建機ファインテック株式会社内

【氏名】 黒田 浩史

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県土浦市神立町 650 番地 日立建機ファインテック株式会社内

【氏名】 三輪 茂

【特許出願人】

【識別番号】 300007280

【住所又は居所】 東京都文京区湯島三丁目 19 番 11 号

【氏名又は名称】 日立建機ファインテック株式会社

【代理人】

【識別番号】 100094020

【弁理士】

【氏名又は名称】 田宮 寛祉

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 007766

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 走査型プローブ顕微鏡の探針交換方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 試料に対して探針が向くように設けられたカンチレバーと、前記探針が前記試料の表面を走査するとき前記探針と前記試料の間で生じる物理量を測定する測定部を備え、この測定部で前記物理量を一定に保ちながら前記探針で前記試料の表面を走査して前記試料の表面を測定するように構成され、

前記カンチレバーを着脱する機構を備えたカンチレバー取付け部と、複数のカンチレバーを保管するカンチレバー保管部と、前記カンチレバー保管部の位置を移動させる第1移動手段と、装着状態のカンチレバーの位置を観察する観察手段とを備える走査型プローブ顕微鏡において、

前記第1移動手段で前記カンチレバー取付け部と前記カンチレバー保管部との間の位置合わせを行い、前記カンチレバー保管部から1つのカンチレバーを選んで前記カンチレバー取付け部に装着するステップと、

カンチレバー装着後に、装着された前記カンチレバーを前記観察手段の観察視野の所定位置に設定するステップと、

を含むことを特徴とする走査型プローブ顕微鏡の探針交換方法。

【請求項 2】 第2移動手段によって前記観察手段を移動させることにより、前記カンチレバーを前記観察手段の観察視野の所定位置に設定することを特徴とする請求項1記載の走査型プローブ顕微鏡の探針交換方法。

【請求項 3】 前記観察手段は光学顕微鏡であり、この光学顕微鏡で得られる画像を利用してパターン認識処理を行って、装着された前記カンチレバーの装着位置を特定することを特徴とする請求項1または2記載の走査型プローブ顕微鏡の探針交換方法。

【請求項 4】 前記所定位置は前記観察視野の中心位置であることを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載の走査型プローブ顕微鏡の探針交換方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は走査型プローブ顕微鏡の探針交換方法に関し、特に、探針の交換を短時間でかつ自動的に交換するのに適した走査型プローブ顕微鏡の探針交換方法に関する。

【0002】**【従来の技術】**

走査型プローブ顕微鏡（S P M）は、従来、原子のオーダまたはサイズの微細な対象物を観察できる測定分解能を有する測定装置として知られている。近年、走査型プローブ顕微鏡は、半導体デバイスが作られた基板やウェハの表面の微細な凹凸形状の測定など各種の分野に適用されている。測定に利用する検出物理量に応じて各種のタイプの走査型プローブ顕微鏡がある。例えばトンネル電流を利用する走査型トンネル顕微鏡（S T M）、原子間力を利用する原子間力顕微鏡（A F M）、磁気力を利用する磁気力顕微鏡等があり、それらの応用範囲も拡大しつつある。

【0003】

上記のうち原子間力顕微鏡は、試料表面の微細な凹凸形状を高分解能で検出するのに適し、半導体基板、ディスクなどの分野で実績を上げている。最近ではオンライン自動検査工程の用途でも使用されてきている。

【0004】

原子間力顕微鏡は、基本的な構成として、原子間力顕微鏡の原理に基づく測定装置部分を備える。通常、圧電素子を利用して形成されたトライポッド型あるいはチューブ型のX Y Z微動機構を備え、このX Y Z微動機構の下端に、先端に探針が形成されたカンチレバーが取り付けられている。探針の先端は試料の表面に対向している。上記カンチレバーに対して例えば光てこ式光学検出装置が配備される。すなわち、カンチレバーの上方に配置されたレーザ光源（レーザ発振器）から出射されたレーザ光がカンチレバーの背面で反射され、光検出器より検出される。カンチレバーにおいて捩れや撓み等の変形で変位が生じると、光検出器におけるレーザ光の入射位置が変化する。従って探針およびカンチレバーで変位が生じると、光検出器から出力される検出信号で当該変位の方向および量を検出で

きる。上記の原子間力顕微鏡の構成について、制御系として、通常、比較器、制御器が設けられる。比較器は、光検出器から出力される検出電圧信号と基準電圧とを比較し、その偏差信号を出力する。制御器は、当該偏差信号が0になるように制御信号を生成し、この制御信号をXYZ微動機構内のZ微動機構の部分に与える。こうして、試料と探針の間の距離を一定に保持するフィードバックサーボ制御系が形成される。上記の構成によって探針を試料表面の微細凹凸に追従させながら走査し、その形状を測定することができる。

【0005】

原子間力顕微鏡が発明された当時は、その高分解能性を利用してnm（ナノメートル）以下のオーダの表面微細形状の測定が中心課題であった。しかし現在では、走査型プローブ顕微鏡は半導体デバイスのインライン製作装置の途中の段階で検査を行うインライン自動検査までその使用範囲が拡大してきている。このような状況になると、実際の検査工程では、基板またはウェハの上に作られた半導体デバイスの表面の微細凹凸形状において非常に急峻な凹凸を測定することが要求される。

【0006】

次に従来の原子間力顕微鏡の探針の取付け構造を説明する。通常、探針はカンチレバーの先端部に下面に形成されている。カンチレバーは所要の弾性を有する片持ち梁状のレバー部材である。従って探針の取付け構造は、すなわちカンチレバーの取付け構造であり、カンチレバーの取付け構造と実質的に同じ技術内容となる。前述の通り、カンチレバーは、XYZ微動機構の下端、特にZ微動機構の部分の下端に取り付けられる。

【0007】

カンチレバーの取付け構造を詳細に説明する。カンチレバーは、先端部の下面に探針を有すると共に、その後端部（基部）にカンチレバーホルダを有する。カンチレバーホルダは、カンチレバーの部分とサイズおよび形状の観点で比較すると、比較的に面積の大きな例えば矩形平板状の部分となっている。Z微動機構の下側にはカンチレバーを取り付けるためのカンチレバー取付け部を備えている。このカンチレバー取付け部は、例えば空気吸引機構による吸引作用（真空吸着）

によってカンチレバーホルダを吸着することにより、カンチレバーをZ微動機構の下部に固定・装着している。

【0008】

上記原子間力顕微鏡等の走査型プローブ顕微鏡における大きな問題は探針の交換である。現状の技術では、探針と試料の接触状態をできるだけ少なくするために各種の測定モードが提案されている。しかしながら、探針と試料の接触は完全になくすることはできず、探針先端の磨耗は避けることができない。そのため、探針が磨耗すれば、走査型プローブ顕微鏡の取付け部からカンチレバーを取り外して新しいカンチレバーと交換しなければならない。また測定対象の多様化によって、異なる種類のカンチレバー（探針）を予め用意し、状況に応じてカンチレバーを適宜なタイミングで交換することも必要となる。特に、半導体製造ラインに走査型プローブ顕微鏡によるインライン検査工程を設ける場合には探針交換の自動化が重要となる。この場合において、特に、探針を備えたカンチレバーをカンチレバー取付け部に取り付けるための仕組みが重要である。

【0009】

走査型プローブ顕微鏡において自動的に探針を交換する技術としては特許文献1に開示された技術がある。この特許文献1に記載された走査型プローブ顕微鏡では、自動的にプローブ（探針）の交換を行いかつその位置合せを行う構成および機能を有している。特許文献1による走査型プローブ顕微鏡では、試料ステージ上の試料ホルダの近傍であって試料ステージ上にカンチレバーカセット設置台（設置ポート）が設けられ、この設置台にカンチレバーカセットが備えられる。カンチレバーカセットは、複数の収容部を有し、複数のカンチレバーがそれぞれの収容部に収容されている。また、走査型プローブ顕微鏡の微動機構部（スキヤナ）の下部には、吸引機構を有するカンチレバー取付け部が設けられ、これによる吸引作用に基づきカンチレバーが取り付けられ、装着されている。

【0010】

上記の構成において、微動機構部の下部に装着されているカンチレバーを交換するときには、例えば試料ステージを移動させることにより相対的に微動機構部をカンチレバーカセットの設置箇所に移動させ、吸引作用を解除してカンチレバ

一カセットの空き収容部にそれまで使用していたカンチレバーを取り外して置き、次に微動機構部を新たなカンチレバーの箇所に移動させ、再び吸引作用に基づき新たなカンチレバーを装着する。

【0011】

上記のカンチレバーの交換では、微動機構部と、カンチレバーカセットの所定の空き収容部や新たなカンチレバー等との位置合せは、例えば光学顕微鏡による観察に基づいて行われる。具体的には、観察視野の画像をテレビカメラで取得し、当該画像を元にカンチレバーの存在位置を自動的に認識し、取付けのための位置を確定し、試料ステージ内のZステージにより接近動作を行い、吸引装置による吸着作用に基づきカンチレバーの取付けを完了する。

【0012】

以上によって、走査型プローブ顕微鏡においてカンチレバーの自動交換すなわち探針の自動交換を実現することができる。なお、実際には、その後において次のSPM測定が行えるように、レーザ光をカンチレバーの背面に照射するための光学検出装置の位置等の設定、光軸合せが行われる。

【0013】

【特許文献1】

特許第3176931号公報

【0014】

【発明が解決しようとする課題】

上記特許文献1に記載された探針の自動交換方法では、探針交換に時間がかかるという問題がある。その第1の理由は、取付け方法として真空吸着方式を利用するが、吸着の際に取付け位置がずれ、最悪の場合には一度取り外して取り付けなおすことが少なからず発生することである。第2の理由は、探針の取付け前に位置を確定する方式であるため、位置決めの正確さが要求され、また取付けの動作が複雑になるため、交換に時間を要することである。これらの理由は複合的に絡んでいる。

【0015】

特許文献1による探針の自動交換方法でカンチレバーを取り付けるプロセスを

ステップで示すと、次の通り9段階で表される。

(1) XY移動： 取り付けようとするカンチレバーの位置をカンチレバー取付け部の位置に合わせる。

(2) Zステージによる移動： カンチレバーホルダがカンチレバー取付け部に接触しない状態で試料ステージのZステージによって位置調整する。先端部の位置合わせのため非接触状態にされる。

(3) 光学顕微鏡によるフォーカス： カンチレバーの背面に光学顕微鏡の焦点を合わせる。

(4) カンチレバーの位置の認識：カメラで取得した画像を利用したパターン認識でカンチレバーの位置を確認する。

(5) XYステージの微調整： ステップ(4)の結果に従ってカンチレバーが光学顕微鏡の観察視野における所定位置（通常は中心位置）になるように試料ステージのXYステージを微調整する。

(6) カンチレバーの取付け： Zステージを上昇させ、カンチレバーを取り付ける。通常は真空吸着を用いる。

(7) 光学顕微鏡によるファーカス： カンチレバーの背面に光学顕微鏡の焦点を合わせる。

(8) カンチレバーの位置の認識・確認： カメラによる画像を利用してカンチレバーの取付け状態での位置を確認する。

(9) 取外し： ステップ(8)でカンチレバーの取付けで失敗の時にはカンチレバーを取り外し、ステップ(2)に戻ってやり直す。

【0016】

以上のように、従来の探針の自動交換方法によれば、真空吸着等を利用する方
式においてはカンチレバー取付け時の取付け誤差をなくすことは難しく、位置ず
れが生じやすい。位置ずれが大きい場合には、カンチレバーの位置が光学顕微鏡
の観察視野の外側になる場合がある。このような場合には、カンチレバーの取付
け作業をやり直すことになる。このような従来の探針の自動交換方法は、プロセ
スのステップが多くかつ複雑になっており、取付け位置に誤差が生じた場合には
取付け作業のやり直しが必要となる。従って、探針の自動交換作業に多くの時間

がかかることになる。

【0017】

本発明の目的は、上記の課題に鑑み、短時間で探針の取付けあるいは交換を自動的に行うことができる走査型プローブ顕微鏡の探針交換方法を提供することにある。

【0018】

【課題を解決するための手段】

本発明に係る走査型プローブ顕微鏡の探針交換方法は、上記目的を達成するために、次のように構成される。

【0019】

本発明に係る探針交換方法（請求項1に対応）は、試料に対して探針が向くように設けられたカンチレバーと、探針が試料の表面を走査するとき探針と試料の間で生じる物理量を測定する測定部（光てこ式光学検出装置、フィードバックサーボ制御系、走査装置、XYZの微動機構、データ処理等の制御装置等から成る部分）を備え、この測定部で上記物理量を一定に保ちながら探針で試料の表面を走査して試料の表面を測定するように構成された走査型プローブ顕微鏡での上記探針の交換方法である。この走査型プローブ顕微鏡は、さらに、カンチレバーを着脱する機構（空気吸引装置等による真空吸着機構）を備えたカンチレバー取付け部と、複数のカンチレバーを収容・保管するカンチレバー保管部（カンチレバーカセット）と、カンチレバー保管部の位置を移動させる第1移動機構（XステージとZステージ）と、装着状態のカンチレバーの位置を観察する観察装置とを備える。上記の走査型プローブ顕微鏡において、本発明に係る探針交換方法は、第1移動機構でカンチレバー取付け部とカンチレバー保管部との間の位置合わせを行い、カンチレバー保管部から1つのカンチレバーを選んでカンチレバー取付け部に装着するステップと、カンチレバー装着後に、観察装置とカンチレバーの相対的な位置を変更させ、装着されたカンチレバーを観察装置の観察視野の所定位置に設定するステップと、を含んで成る方法である。これにより探針の交換は作業全体が少ないステップ数で自動的に行われる。

【0020】

本発明に係る探針交換方法（請求項2に対応）は、上記の方法において、好ましくは、第2移動機構によって観察装置を移動させることにより、カンチレバーを観察装置の観察視野の所定位置に設定することを特徴とする。観察装置はその位置を第2移動機構によってXY平面内で移動するように構成されている。

【0021】

本発明に係る探針交換方法（請求項3に対応）は、上記の各方法において、好ましくは、観察装置は光学顕微鏡であり、この光学顕微鏡およびTVカメラで得られる画像を利用してパターン認識処理を行って、装着されたカンチレバーの装着位置を特定する方法である。

【0022】

本発明に係る探針交換方法（請求項4に対応）は、上記の各方法において、好ましくは、上記所定位置は観察視野の中心位置であることで特徴づけられる。

【0023】

【作用】

原子間力顕微鏡等の走査型プローブ顕微鏡によって例えば半導体デバイスが製作された基板等の試料をインライン自動検査工程で計測・検査する場合、自動計測のアルゴリズムに従って探針を走査して試料表面の凹凸形状を計測する。測定対象である試料は一定の時間間隔で継続して搬入されてくるので、例えば所定数の試料の自動計測が済むと、探針の先端が磨耗し、新しい探針への交換作業が必要となる。探針の交換では、使用中のカンチレバーをカンチレバー取付け部から取り外し、新しいカンチレバーをカンチレバー取付け部に取り付ける。複数のカンチレバーは、カンチレバー保管部に予め保管されている。取り外したカンチレバーはカンチレバー保管部の所定の空き収容部に収容され、新しいカンチレバーはカンチレバー保管部の複数のカンチレバーの中から1つが選択される。

【0024】

カンチレバー保管部の複数のカンチレバーのそれぞれの位置は、試料ステージ上で設定された座標系において予め座標管理等の方法で確定しており、制御装置の記憶部でそれらの位置データは管理されている。新しいカンチレバーをカンチレバー取付け部に装着するとき、第1移動機構でカンチレバー保管部を移動させ

る。通常、XYステージで当該新しいカンチレバーが取付け部の位置に一致させられ、Zステージにより当該カンチレバーをカンチレバー取付け部の方向に接近移動させ、カンチレバーをカンチレバー取付け部に装着させる。カンチレバーを装着した後において、例えば第2移動機構で光学顕微鏡等を移動させてカンチレバーの位置をその観察視野の中心位置等に調整する。光学顕微鏡等の観察視野から外れた位置にカンチレバーがあるときには、探索アルゴリズムによってカンチレバーを発見し、最終的には同様に中心位置等に来るよう位置調整を行う。

【0025】

本発明に係る走査型プローブ顕微鏡の探針交換方法では、カンチレバーを取り付ける前にその位置を調整する方式ではなく、取り付けた後において装着されたカンチレバーの位置を観察装置で微調整するようにした方式であるので、取付け直しの作業が発生しない。従って取付け時の事前の位置微調整が省略でき、取付け後に取付け直しが不要となり、交換のための制御ステップ数が少なくて済み、極めて短時間で探針交換を行うことが可能となる。

【0026】

【発明の実施の形態】

以下に、本発明の好適な実施形態を添付図面に基づいて説明する。

【0027】

図1に従って、本発明に係る探針交換方法が適用される走査型プローブ顕微鏡(SPM)の全体の構成を説明する。この走査型プローブ顕微鏡は代表的な例として原子間力顕微鏡(AFM)を想定している。

【0028】

走査型プローブ顕微鏡の下側部分は試料ステージ11が設けられている。試料ステージ11の上に試料12が置かれている。試料ステージ11は、直交するX軸とY軸とZ軸で成る3次元座標系13で試料12の位置を変えるための機構である。試料ステージ11はXYステージ14とZステージ15と試料ホルダ16とから構成されている。試料ステージ11は、通常、試料側で変位(位置変化)を生じさせる粗動機構部として構成される。試料ステージ11の試料ホルダ16の上面には、比較的大きな面積でかつ薄板形状の上記試料12が置かれ、保持さ

れている。試料12は、例えば、表面上に半導体デバイスの集積回路パターンが製作された基板またはウェハである。試料12は試料ホルダ16上に固定されている。試料ホルダ16は試料固定用チャック機構を備えている。

【0029】

図2に従って試料ステージ11の具体的な構成例を説明する。図2で、14はXYステージであり、15はZステージである。XYステージ14は水平面(XY平面)上で試料を移動させる機構であり、Zステージ15は垂直方向に試料12を移動させる機構である。Zステージ15は、例えば、XYステージ14の上に搭載されて取り付けられている。

【0030】

XYステージ14は、Y軸方向に向けて配置された平行な2本のY軸レール201とY軸モータ202とY軸駆動力伝達機構203から成るY軸機構部と、X軸方向に向けて配置された平行な2本のX軸レール204とX軸モータ205とX軸駆動力伝達機構206から成るX軸機構部とから構成されている。上記XYステージ14によって、Zステージ15はX軸方向またはY軸方向に任意に移動させられる。またZステージ15には、試料ホルダ16をZ軸方向に昇降させるための駆動機構が付設されている。図2では当該駆動機構は隠れており、図示されていない。試料ホルダ16の上には試料12を固定するためのチャック機構207が設けられる。チャック機構207には、通常、機械式、吸着や静電等の作用を利用した機構が利用される。

【0031】

再び図1に戻って、試料12の上方位置には、駆動機構17を備えた光学顕微鏡18が配置されている。光学顕微鏡18は駆動機構17によって支持されている。駆動機構17は、光学顕微鏡18を、Z軸方向に動かすためのフォーカス用Z方向移動機構部17aと、XYの各軸方向に動かすためのXY方向移動機構部17bとから構成されている。取付け関係として、Z方向移動機構部17aは光学顕微鏡18をZ軸方向に動かし、XY方向移動機構部17bは光学顕微鏡18とZ方向移動機構部17aのユニットをXYの各軸方向に動かす。XY方向移動機構部17bはフレーム部材に固定されるが、図1で当該フレーム部材の図示は

省略されている。光学顕微鏡18は、その対物レンズ18aを下方に向けて配置され、試料12の表面を真上から臨む位置に配置されている。光学顕微鏡18の上端部にはTVカメラ（撮像装置）19が付設されている。TVカメラ19は、対物レンズ18aで取り込まれた試料表面の特定領域の像を撮像して取得し、画像データを出力する。

【0032】

試料12の上側には、先端に探針20を備えたカンチレバー21が接近した状態で配置されている。カンチレバー21は取付け部22に固定されている。取付け部22は、例えば、空気吸引部（図示せず）が設けられると共に、この空気吸引部は空気吸引装置（図示せず）に接続されている。カンチレバー21は、その大きな面積の基部が取付け部22の空気吸引部で吸着されることにより、固定され装着される。

【0033】

上記の取付け部22は、Z方向に微動動作を生じさせるZ微動機構23に取り付けられている。さらにZ微動機構23はカンチレバー変位検出部24の下面に取り付けられている。

【0034】

カンチレバー変位検出部24は、支持フレーム25にレーザ光源26と光検出器27が所定の配置関係で取り付けられた構成を有する。カンチレバー変位検出部24とカンチレバー21は一定の位置関係に保持され、レーザ光源26から出射されたレーザ光28はカンチレバー21の背面で反射されて光検出器27に入射されるようになっている。上記カンチレバー変位検出部は光てこ式光学検出装置を構成する。この光てこ式光学検出装置によって、カンチレバー21で捩れや撓み等の変形が生じると、当該変形による変位を検出することができる。

【0035】

カンチレバー変位検出部24はXY微動機構29に取り付けられている。XY微動機構29によってカンチレバー21および探針20等はXYの各軸方向に微小距離で移動される。このとき、カンチレバー変位検出部24は同時に移動されることになり、カンチレバー21とカンチレバー変位検出部24の位置関係は不

変である。

【0036】

上記において、Z微動機構23とXY微動機構29は、通常、圧電素子で構成されている。Z微動機構23とXY微動機構29によって、探針20の移動について、X軸方向、Y軸方向、Z軸方向の各々へ微小距離（例えば数～10μm、最大100μm）の変位を生じさせる。

【0037】

上記のXY微動機構29は、さらに、光学顕微鏡18に関するユニットが取り付けられる前述した不図示のフレーム部材に取り付けられている。

【0038】

上記の取付け関係において、光学顕微鏡18による観察視野には、試料12の特定領域の表面と、カンチレバー21における探針20を含む先端部（背面部）とが含まれる。

【0039】

試料ステージ11の上面において、試料ホルダ16の傍にカンチレバーカセット30が配置されている。カンチレバーカセット30には、他の複数のカンチレバー20Aが収容され、保管されている。図1では、一例として、複数のカンチレバー20Aは単純に一列に並べられたものが示されている。複数のカンチレバー20Aは、新たに交換用として用意されているものである。各カンチレバー20Aは、先端部の下側に探針20を備え、後端部（基部）にカンチレバーホルダ21-1を有している。カンチレバーカセット30には、複数のカンチレバー21Aを収容すると共に、装備されたカンチレバー21を外したときにそれを置くための収容スペースも用意されている。カンチレバーカセット30のこの収容スペースは、図1で示された装着中のカンチレバー21が、取付け部22に取り付けられる前に元々収容されていたスペースである。

【0040】

次に、走査型プローブ顕微鏡の制御系を説明する。制御系の構成としては、比較器31、制御器32、第1制御装置33、第2制御装置34が設けられる。制御器32は、例えば原子間力顕微鏡（AFM）による測定機構を原理的に実現す

るための制御器である。また第1制御装置33は複数の駆動機構等のそれぞれの駆動制御用の制御装置であり、第2制御装置34は上位の制御装置である。

【0041】

比較器31は、光検出器27から出力される電圧信号Vdと予め設定された基準電圧(Vref)とを比較し、その偏差信号s1を出力する。制御器32は、偏差信号s1が0になるように制御信号s2を生成し、この制御信号s2をZ微動機構23に与える。制御信号s2を受けたZ微動機構23は、カンチレバー21の高さ位置を調整し、探針20と試料12との間の距離を一定の距離に保つ。上記の光検出器27からZ微動機構23に到る制御ループは、探針20で試料表面を走査するとき、光てこ式光学検出装置によってカンチレバー21の変形状態を検出しながら、探針20と試料12との間の距離を上記の基準電圧(Vref)に基づいて決まる所定の一定距離に保持するためのフィードバックサーボ制御のループである。この制御ループによって探針20は試料12の表面から一定の距離に保たれ、この状態で試料12の表面を走査すると、試料表面の凹凸形状を測定することができる。

【0042】

次に第1制御装置33は、走査型プローブ顕微鏡の各部を駆動させるための制御装置であり、次のような機能部を備えている。

【0043】

光学顕微鏡18は、フォーカス用Z方向移動機構部17aとXY方向移動機構部17bとから成る駆動機構17によって、その位置が変化させられる。第1制御装置33は、上記のZ方向移動機構部17aとXY方向移動機構部17bのそれぞれの動作を制御するための第1駆動制御部41と第2駆動制御部42を備えている。

【0044】

光学顕微鏡18によって得られた試料表面やカンチレバー21の像は、TVカメラ19によって撮像され、画像データとして取り出される。光学顕微鏡18のTVカメラ19で得られた画像データは第1制御装置33に入力され、内部の画像処理部43で処理される。

【0045】

制御器32等を含む上記のフィードバックサーボ制御ループにおいて、制御器32から出力される制御信号s2は、走査型プローブ顕微鏡（原子間力顕微鏡）における探針20の高さ信号を意味するものである。探針20の高さ信号すなわち制御信号s2によって探針20の高さ位置の変化に係る情報を得ることができる。探針20の高さ位置情報を含む上記制御信号s2は、前述のごとくZ微動機構23に対して駆動制御用に与えられると共に、制御装置33内のデータ処理部44に取り込まれる。

【0046】

試料12の表面の測定領域について探針20による試料表面の走査は、XY微動機構29を駆動することにより行われる。XY微動機構29の駆動制御は、XY微動機構29に対してXY走査信号s3を提供するXY走査制御部45によって行われる。

【0047】

また試料ステージ11のXYステージ14とZステージ15の駆動は、X方向駆動信号を出力するX駆動制御部46とY方向駆動信号を出力するY駆動制御部47とZ方向駆動信号を出力するZ駆動制御部48とによって制御される。

【0048】

空気吸引に基づく真空吸着作用でカンチレバー21を装着させる取付け部22によるカンチレバーの取付けまたは取外しの着脱動作は、取付け部22に対して着脱信号s4を与える装着制御部49によって行われる。

【0049】

なお第1制御装置33は、必要に応じて、設定された制御用データ、入力した光学顕微鏡画像データや探針の高さ位置に係るデータ等を記憶・保存する記憶部（図示せず）を備える。

【0050】

上記第1制御装置33に対して上位に位置する第2制御装置34が設けられている。第2制御装置34は、通常の計測プログラムの記憶・実行および通常の計測条件の設定・記憶、自動計測プログラムの記憶・実行およびその計測条件の設

定・記憶、計測データの保存、計測結果の画像処理および表示装置（モニタ）35への表示等の処理を行う。特に、本発明の場合には、自動計測において探針の交換を自動的に行う交換プロセスを含んでおり、カンチレバーカセット30から使用すべき探針を選択して取り付けること、あるいは装着状態にある探針を取り外してカンチレバー30の所定の収容部に置くこと等を実行するためのプログラムを備えている。また計測条件の設定では、測定範囲、測定スピードといった基本項目など、自動計測の条件の設定、それらの条件を設定ファイルに関する機能を有する。さらに、通信機能を有するように構成し、外部装置との間で通信を行える機能を持たせることもできる。

【0051】

特に、第2制御装置34は、本実施形態による探針の自動交換のために、試料ステージ11上のXY平面領域において任意の位置を定める座標系が設定されており、この座標系に基づく座標管理を行う機能を有している。この座標管理機能によれば、XYステージ14によるXY移動、XY移動機構部17bによる光学顕微鏡18のXY移動等において、移動量および移動方向の位置管理を行うことが可能となる。

【0052】

第2制御装置34は、上記の機能を有することから、処理装置であるCPU51と記憶部52とから構成される。記憶部52には上記の各種のプログラムおよび条件データや位置データ等が記憶・保存されている。また第2制御装置34は、画像表示制御部53と通信部等を備える。加えて第2制御装置34にはインターフェース54を介して入力装置36が接続されており、入力装置36によって記憶部52に記憶される測定プログラム、測定条件、データ等を設定・変更することができるようになっている。

【0053】

第2制御装置34のCPU51は、バス55を介して、第1制御装置33の各機能部に対して上位の制御指令等を提供し、また画像処理部43やデータ処理部44等から画像データ、探針の高さ位置に係るデータ、各移動部分の位置データを提供される。

【0054】

次に上記走査型プローブ顕微鏡（原子間力顕微鏡）の基本動作を説明する。

【0055】

試料ステージ11上に置かれた半導体基板等の試料12の表面の所定領域に対してカンチレバー21の探針20の先端を臨ませる。通常、探針接近用機構であるZステージ15によって探針20を試料12の表面に近づけ、原子間力を作用させてカンチレバー21に撓み変形を生じさせる。カンチレバー21の撓み変形による撓み量を、前述した光てこ式光学検出装置によって検出する。この状態において、試料表面に対して探針20を移動させることにより試料表面の走査（XY走査）が行われる。探針20による試料12の表面のXY走査は、探針20の側をXY微動機構29で移動（微動）させることによって、または試料12の側をXYステージ14で移動（粗動）させることによって、試料12と探針20の間で相対的なXY平面内の移動関係を作り出すことにより行われる。

【0056】

探針20側の移動は、カンチレバー21を備えるXY微動機構29に対してXY微動に係るXY走査信号s3を与えることによって行われる。XY微動に係る走査信号s3は第1制御装置33内のXY走査制御部45から与えられる。他方、試料側の移動は、試料ステージ11のXYステージ14に対してX駆動制御部46とY駆動制御部47から駆動信号を与えることによって行われる。

【0057】

上記のXY微動機構29は、圧電素子を利用して構成され、高精度および高分解能な走査移動を行うことができる。またXY微動機構29によるXY走査で測定される測定範囲については、圧電素子のストロークによって制約されるので、最大でも約100 μ m程度の距離で決まる範囲となる。XY微動機構29によるXY走査によれば、狭域範囲の測定となる。他方、上記のXYステージ14は、通常、駆動部として電磁気モータを利用して構成するので、そのストロークは数百mmまで大きくすることができる。XYステージによるXY走査によれば、広域範囲の測定となる。

【0058】

上記のごとくして試料12の表面上の所定の測定領域を探針20で走査しながら、フィードバックサーボ制御ループに基づいてカンチレバー21の撓み量（撓み等による変形量）が一定になるように制御を行う。カンチレバー21の撓み量は、常に、基準となる目標撓み量（基準電圧Vrefで設定される）に一致するようして制御される。その結果、探針20と試料12の表面との距離は一定の距離に保持される。従って探針20は、例えば、試料12の表面の微細凹凸形状（プロファイル）をなぞりながら移動（走査）することになり、探針の高さ信号を得ることによって試料12の表面の微細凹凸形状を計測することができる。

【0059】

次に、上記のカンチレバーカセット30の具体的な構成例を図3と図4に従つて説明する。図3は平面図、図4は図3中のA-A線断面図である。

【0060】

このカンチレバーカセット30は平面形状が例えば正方形であり、側面形状は所望の厚みを有した平板状の部材で作られている。カンチレバーカセット30は、カセット台30aを有し、材質的には所要の強度を有するプラスチック材あるいは樹脂材等によって形成されている。カセット台30aの上面には、例えば16個のカンチレバー21Aを配置する収容部（凹所）が形成が形成されている。カンチレバーホルダ21-1の平面形状は好ましくは正方形であり、比較的大きな面積を有している。図4から明らかなように、カンチレバーホルダ21-1の前部の下面にカンチレバー21Aは取り付けられ、探針20の先端が下向きになるようにしてカンチレバー21Aおよびカンチレバーホルダ21-1は置かれている。カセット台30aの上面に形成された16個の収容部の各々でカンチレバーホルダ21-1が保管され、同一姿勢および同一方向に並べて配列されている。

【0061】

カセット台30aには、好ましくは、カンチレバーホルダ21-1が収容される凹所に対応する底部に貫通孔301が形成される。貫通孔301は、カンチレバーカセット30に保管されるカンチレバー21Aの数に応じた数の分だけ形成されている。

【0062】

製造されたカンチレバー21A（探針20）およびカンチレバーカセット30はそれぞれ製造番号が付され、かつ所定の順序でカンチレバーカセット30に並べられるので、カンチレバーカセット30ごとに保管されるカンチレバー21Aに関するデータを管理することができる。

【0063】

上記のカンチレバーカセット30は、図2に示した試料ステージ11において、例えば2つのカセット設置ポート302, 303に配置される。試料ステージ11において、カセット設置ポート302, 303に配置されたカンチレバーカセット30上の各カンチレバー21Aの位置は、第2制御装置34によって前述した座標系に基づき位置管理されている。

【0064】

上記のごとき構成を有する走査型プローブ顕微鏡は、例えば、図5に示すごとく、半導体デバイス（LSI）のインライン製作装置の例えは途中段階で基板（ウェハ）の検査を行う自動検査工程62として組み込まれる。図示しない基板搬送装置によって、前段の製作処理工程61から検査対象である基板（試料12）を搬出し、自動検査工程62の上記走査型プローブ顕微鏡（SPM）の基板ホルダ16上に置くと、走査型プローブ顕微鏡により基板表面の所定領域の微細凹凸形状が自動的に計測され、前段での基板製作の処理内容の合否が判定され、その後、再び基板搬送装置によって後段の製作処理工程63へ搬出される。

【0065】

次に、前述の各図と、図6および図7とを参照して、上記走査型プローブ顕微鏡による探針交換方法を説明する。図6は、自動計測で探針が磨耗したカンチレバー21をカンチレバーカセット30に設置した後において、新しい所定のカンチレバー21Aをカンチレバー取付け部22に取り付ける手順を示している。カンチレバー21を取付け部22から取り外しカンチレバーカセット30の所定の収容部に設置するプロセスの図示は省略されている。カンチレバーカセット30を取付け部22の下方位置に移動させるのは、XYステージ14によって行われる。図7は、光学顕微鏡18の観察視野において位置合わせを行う状態を示して

いる。この探針交換方法では、観察装置としての光学顕微鏡18を駆動機構17のXY移動機構部17bで移動させることにより、位置合わせを行うようにしている。

【0066】

図6に従って新しいカンチレバー21Aを取り付け部22を取り付ける手順を説明する。

【0067】

最初のステップS11では、XYステージ14を駆動してカンチレバーカセット30を移動させる。この移動では、予めカンチレバーカセット30における各カンチレバー21Aの位置を座標管理に基づき確定しておく、取付け部22に対して、カンチレバーカセット30の位置を、予め設定された所定のカンチレバー21Aが選択されるように移動させる。

【0068】

次に、取付け部22に対して、選択されたカンチレバー21Aの取付けが行われる（ステップS12）。この取付けでは、Zステージ15を駆動し、図6の矢印71に示されるように選択されたカンチレバー21Aのカンチレバーホルダ21-1を取付け部22に接触させ、かつ装着制御部49による指令信号s4に基づき取付け部22に真空吸着動作（矢印72）を行わせ、カンチレバーホルダ21-1を取付け部22に吸着させる。これにより、カンチレバー21Aを取付け部22に装着する。

【0069】

取付け部22にカンチレバー21Aが取り付けられた状態において、光学顕微鏡18をXY移動機構部17bで移動させ、かつZ移動機構部17aで焦点合わせを行って光学顕微鏡18の対物レンズ18aの焦点をカンチレバー21Aに合わせる（ステップS13）。焦点合わせの位置は取付け位置のみであり、一度の位置合わせ操作で行うことができる。

【0070】

次のステップS14では、取り付けられたカンチレバー21Aの位置を認識し、かつ確認する。この処理では、光学顕微鏡18による像をTVカメラ19で取

り込み、カンチレバー21Aの位置を特定し、認識する。

【0071】

光学顕微鏡18で得られた画像に関して、取付け位置には誤差が含まれているので、光学顕微鏡18をXY移動機構部17bで移動させて光学顕微鏡18で得られる観察視野においてカンチレバー21Aの像の位置を所定の位置にセットする。このとき、上記光学顕微鏡18の移動量に相当するカンチレバーの取付け位置誤差を記憶しておけば、必要に応じて測定時のXY座標値の修正に用いることができる。

【0072】

図7はステップS13～S15による最終的な位置調整の状況を説明する光学顕微鏡18の観察視野の状況を示している。

【0073】

図7の(A)は、理想的に正確にカンチレバー21Aが取付け部22に装着された観察視野81の画像を示している。この場合において、光学顕微鏡18の観察視野81の中心位置82にカンチレバー21Aの像(83)における探針20がセットされている。

【0074】

上記のステップS14で得られた光学顕微鏡18の観察視野で取付け位置に誤差があるときには、図7(B)に示された観察視野81の状態にある。ここではカンチレバー21Aの像83が観察視野81の中にあることを前提としている。この場合において、ステップS15を実行すると、観察視野81を矢印84で示すごとく符合81-1で表された場所まで移動させてカンチレバー21Aの像83を観察視野81-1の中心位置82に来るようセットすることになる。この場合、カンチレバー位置はパターン認識等の手法で検出され、上記セットが行われる。

【0075】

なお図7の(C)は、取付け誤差が大きく、カンチレバー21Aの像83が観察視野81の外側に出てしまう状況を示している。この場合には、経験則で得られた、あるいは適宜に設定された所定の探索アルゴリズムに基づいてカンチレバ

－21Aの像83を探索する。この場合、例えば右方向に観察視野81の半分を移動させ（矢印85）、観察視野81-2とし、まだカンチレバー21Aの像83が観察できないときには上下方向に観察視野の半分を移動させて（矢印86）、観察視野81-3とする。この状態で、観察視野81-3内にカンチレバー21Aの像83が観察できるようになるので、上記と同様な手法により観察視野81-4の中心位置82に像83をセットする。

【0076】

以上のごとく、図6に示された探針交換方法の取付け・装着において、ステップS11～S15によれば、取付け前に位置を微調整する方式ではなく、カンチレバー21Aを取付け部22に取り付けた後において光学顕微鏡18によって微調整する方式である。このため、取付け部22に装着したカンチレバー21Aにおいて誤差が生じていたとしても取付け直しの作業は発生しない。従って、本実施形態による探針交換方法によれば、従来の探針交換方法に比較して少ない交換時間で探針交換を行うことができる。以上説明した実施の形態では、取付け誤差の修正を光学顕微鏡の移動によって行っていたが、カンチレバー側を移動させることによって行ってもよい。

【0077】

インライン自動計測を行う場合には、試料12の所定箇所を自動的に測定することになる。この場合、探針と試料の位置関係が重要であるが、本方式によれば光学顕微鏡18の移動量が相対関係を表す指標になり、極めて容易に座標管理を行うことができる。

【0078】

前述の実施形態の説明では、広域観察として光学顕微鏡を用いたが、その代わりに、走査型電子顕微鏡やレーザ顕微鏡などの各種のものを使用することができる。

【0079】

上記の各実施形態で説明される構成、形状、大きさおよび配置関係については本発明が理解・実施できる程度に概略的に示したものにすぎず、また数値および各構成の組成（材質）については例示にすぎない。従って本発明は、以下に説明

される実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に示される技術的思
想の範囲を逸脱しない限り様々な形態に変更することができる。

【0080】

【発明の効果】

以上の説明で明らかなように本発明によれば、走査型プローブ顕微鏡の探針交
換方法において、新しいカンチレバーを取付け部に取付け装着したとき、カンチ
レバーの取付け位置を光学顕微鏡等によって微調整して取付け誤差をなくすよう
にしたため、取付け部に装着したカンチレバーにおいて誤差が生じていたとして
も取付け直しの作業は発生せず、交換のためのステップ数を減らすことができ、
極めて短時間に交換することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明に係る探針交換方法が適用される走査型プローブ顕微鏡の全体的な構成
を示す構成図である。

【図2】

試料ステージの具体的な構成を示す斜視図である。

【図3】

カンチレバーカセットの具体例の平面図である

【図4】

図3におけるA-A線断面図である。

【図5】

本発明に係る走査型プローブ顕微鏡がインライン自動検査工程として用いられ
る構成を示したブロック図である。

【図6】

探針交換におけるカンチレバー取付け動作のプロセスを示すフローチャートで
ある。

【図7】

光学顕微鏡による観察視野の状況を説明する図である。

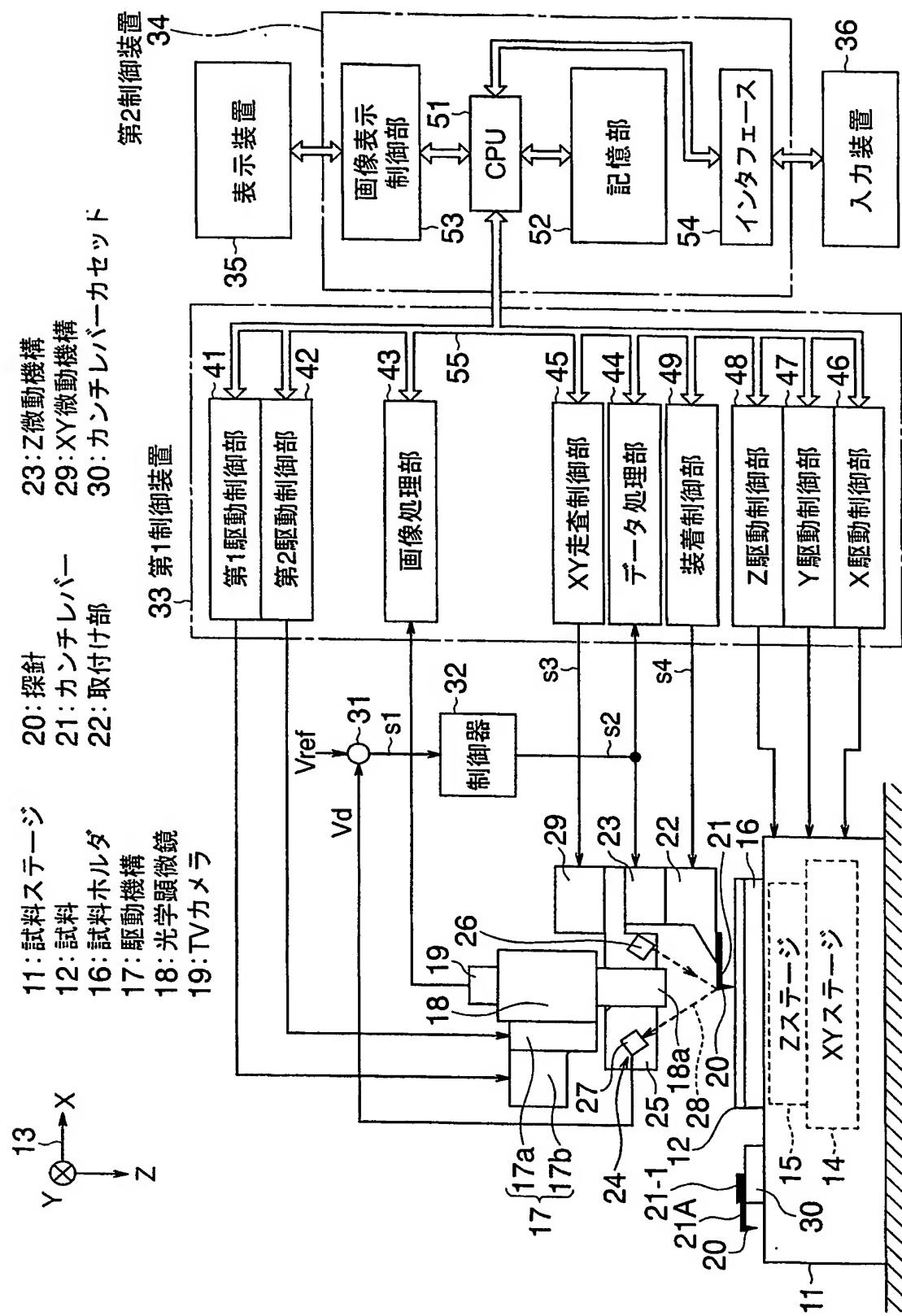
【符号の説明】

1 1	試料ステージ
1 2	試料
1 6	試料ホルダ
1 7	駆動機構
1 8	光学顕微鏡
1 9	T V カメラ
2 0	探針
2 1	カンチレバー
2 2	取付け部
2 3	Z 微動機構
2 9	X Y 微動機構
3 0	カンチレバーカセット
3 3	第1制御装置
3 4	第2制御装置

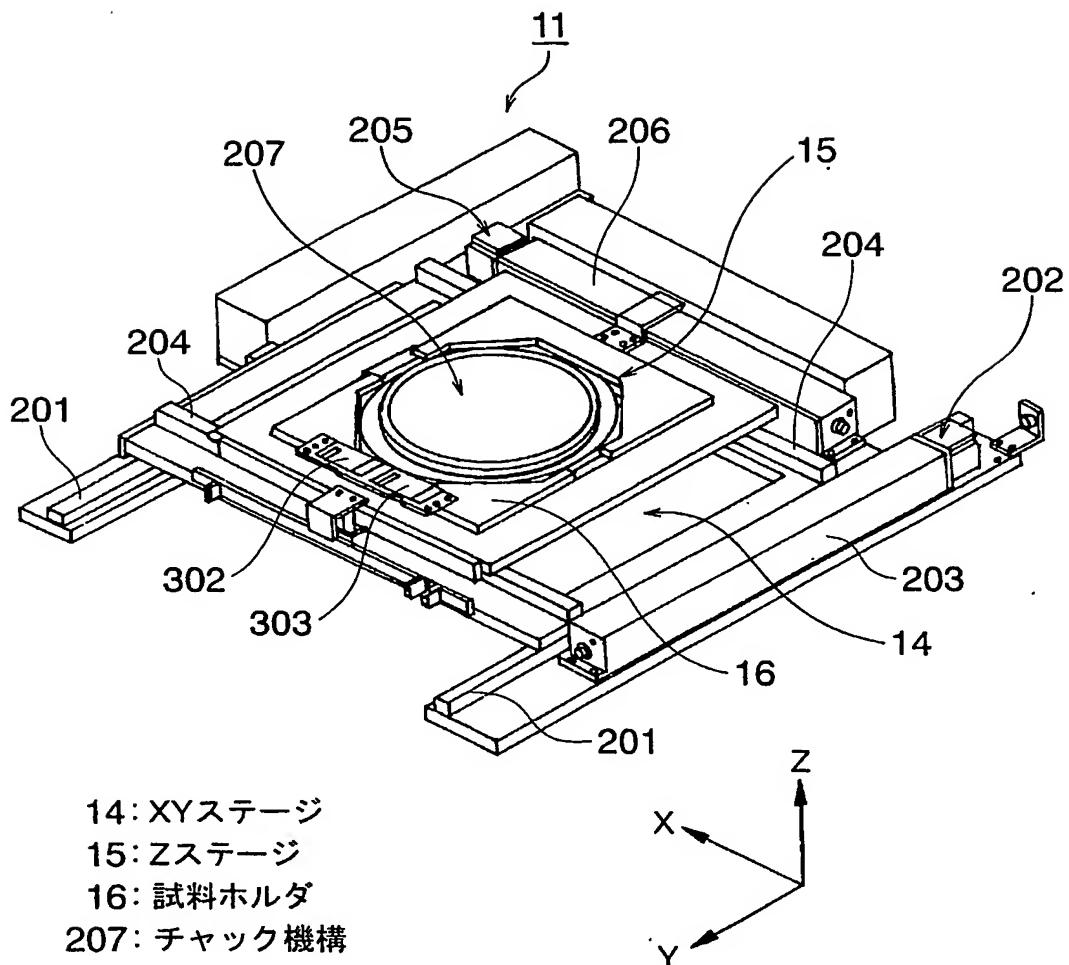
【書類名】

四面

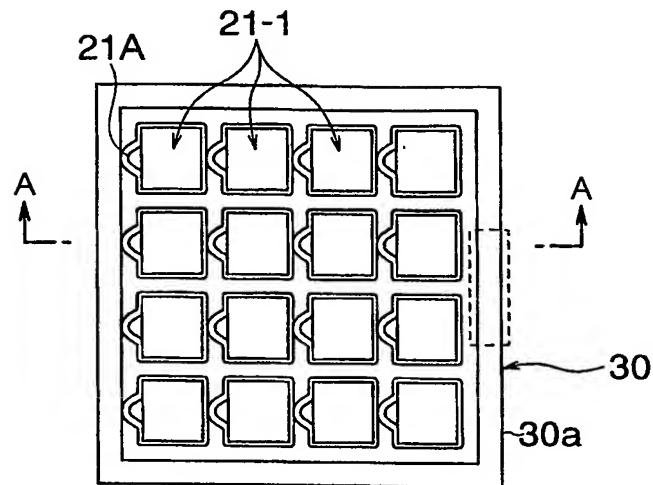
【図1】



【図2】

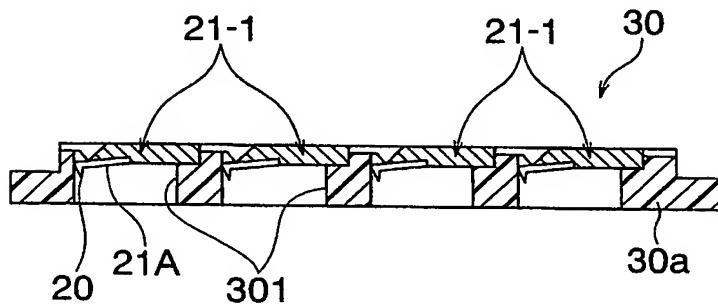


【図3】



30: カンチレバーカセット
 30a: カセット台
 21-1: カンチレバーホルダ

【図4】

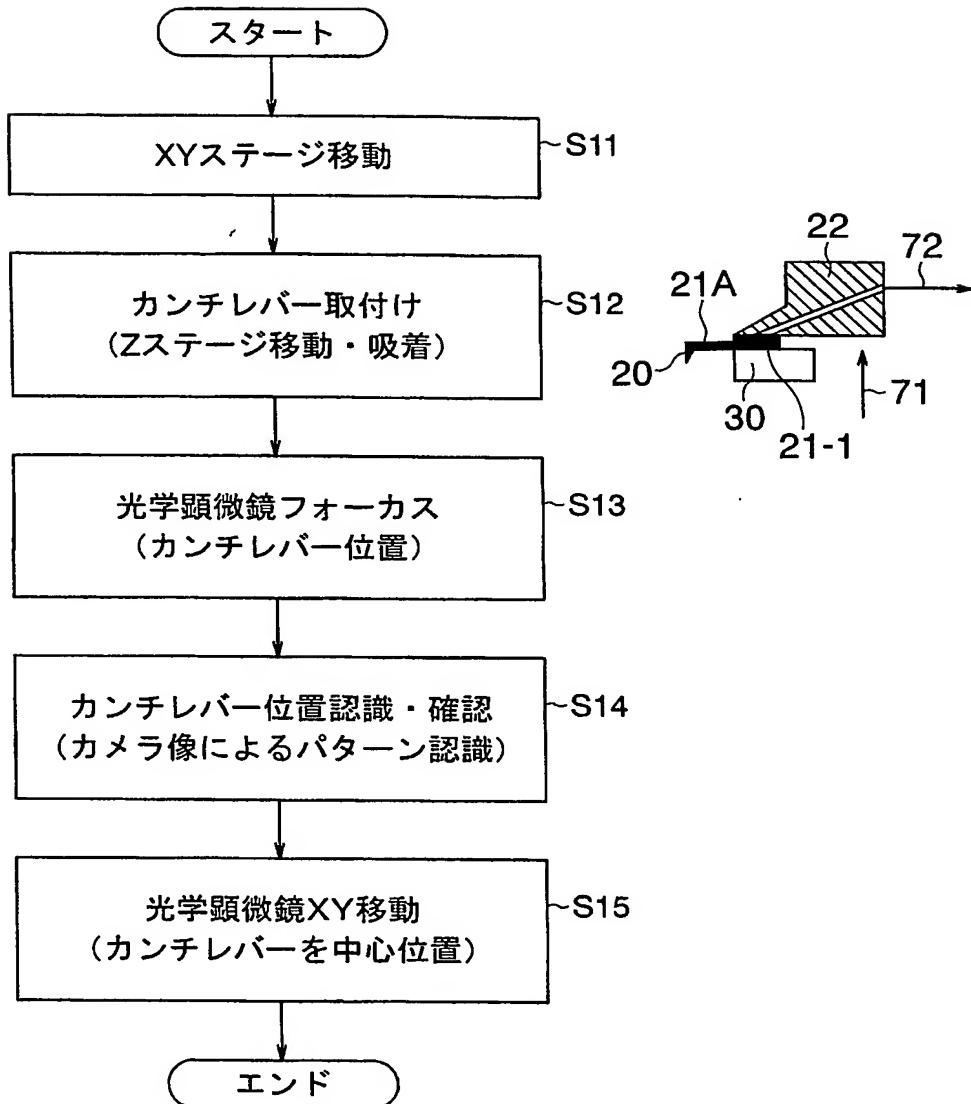


21A: カンチレバー
 20: 探針
 21-1: カンチレバーホルダ
 301: 貫通孔

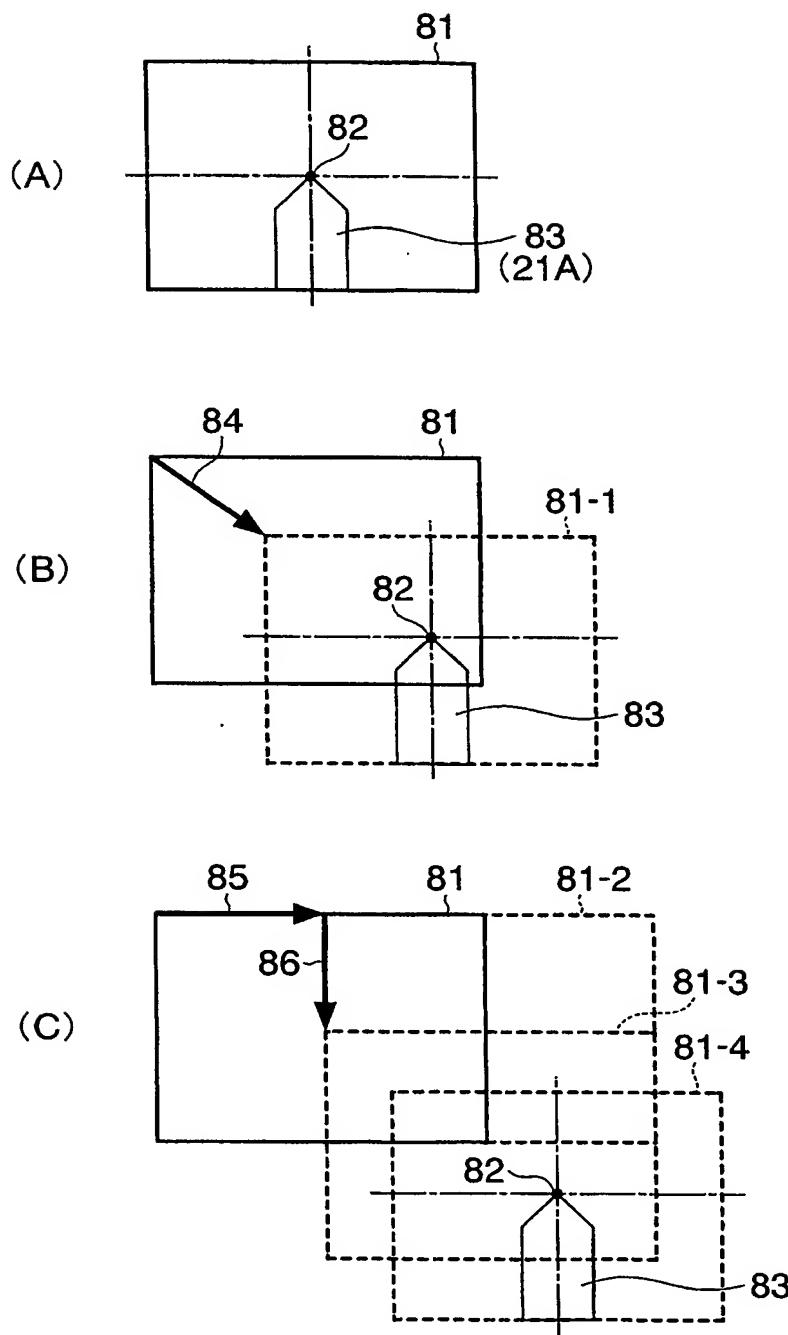
【図5】



【図6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 短時間で探針の取付けあるいは交換を自動的に行うことができる走査型プローブ顕微鏡の探針交換方法を提供する。

【解決手段】 探針20を備えるカンチレバー21と、探針・試料間の物理量を測定する測定部を備え、試料表面を測定する走査型プローブ顕微鏡の探針交換方法である。走査型プローブ顕微鏡は、カンチレバーの取付け部22と、カンチレバーカセット30と、カンチレバーカセットを移動させるXYステージ14とZステージ15と、光学顕微鏡18を備える。上記の走査型プローブ顕微鏡において、カンチレバー取付け部とカンチレバーカセットの間の位置合わせを行い、カンチレバーカセットからカンチレバーを選んでカンチレバー取付け部に装着するステップと、カンチレバー装着後に、光学顕微鏡装置を移動させ、装着されたカンチレバーを観察視野の所定位置に設定するステップとを含む。

【選択図】 図6

【書類名】 手続補正書
【提出日】 平成15年 8月18日
【あて先】 特許庁長官 殿
【事件の表示】
【出願番号】 特願2003-200676
【補正をする者】
【識別番号】 300007280
【氏名又は名称】 日立建機ファインテック株式会社
【代理人】
【識別番号】 100094020
【弁理士】
【氏名又は名称】 田宮 寛祉
【手続補正1】
【補正対象書類名】 特許願
【補正対象項目名】 発明者
【補正方法】 変更
【補正の内容】
【発明者】
【住所又は居所】 茨城県土浦市神立町650番地 日立建機ファインテック株式会社内
【氏名】 村山 健
【発明者】
【住所又は居所】 茨城県土浦市神立町650番地 日立建機ファインテック株式会社内
【氏名】 見坊 行雄
【発明者】
【住所又は居所】 茨城県土浦市神立町650番地 日立建機ファインテック株式会社内
【氏名】 國友 裕一
【発明者】
【住所又は居所】 茨城県土浦市神立町650番地 日立建機ファインテック株式会社内
【氏名】 広木 武則
【発明者】
【住所又は居所】 茨城県土浦市神立町650番地 日立建機ファインテック株式会社内
【氏名】 永野 好幸
【発明者】
【住所又は居所】 茨城県土浦市神立町650番地 日立建機ファインテック株式会社内
【氏名】 森本 高史
【発明者】
【住所又は居所】 茨城県土浦市神立町650番地 日立建機ファインテック株式会社内
【氏名】 樽沼 透
【発明者】
【住所又は居所】 茨城県土浦市神立町650番地 日立建機ファインテック株式会社内
【氏名】 柳本 裕章
【発明者】

【住所又は居所】 茨城県土浦市神立町 650 番地 日立建機ファインテック株式会社内

【氏名】 黒田 浩史

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県土浦市神立町 650 番地 日立建機ファインテック株式会社内

【氏名】 三輪 茂

【その他】

誤記の理由：上記特許願において、7番目の発明者に関する【発明者】の欄の【氏名】の記載を「博沼 透」と表記すべきところ、「博沼 透」と誤記致しました。上記の誤記は、ワープロ操作における表示画面上での漢字類似性に起因する漢字認識ミスによって生じたものです。よって手続補正書によって発明者の欄を補正し、特に7番目の発明者に関する【氏名】の記載を「博沼 透」と訂正致します。

特願 2003-200676

出願人履歴情報

識別番号 [300007280]

1. 変更年月日 2000年 1月24日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都文京区湯島三丁目19番11号
氏 名 日立建機ファインテック株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.